



EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut

Olga Nikolenko

**LEHISTE RADIAALKASVU ANALÜÜS JÄRVSELJA ÕPPE-
JA KATSEMETSKONNA PUISTUTES**

**THE RADIAL GROWTH OF LARCH TREES AT JÄRVSELJA
TRAINING AND EXPERIMENTAL FOREST CENTER STANDS**

Bakalaureusetöö

Loodusvarade kasutamise ja kaitse õppekava

Juhendajad: dotsent Maris Hordo, *PhD*

nooremteadur Vivika Kängsepp, *MSc*

Tartu 2017

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Olga Nikolenko		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Lehiste radiaalkasvu analüüs Järvelja Õppe – ja Katsemetskonna puistutes			
Lehekülgi: 30	Jooniseid: 10	Tabeleid: 3	Lisad:
Osakond:		Metsakorraldus	
Uurimisvaldkond:		Dendrokronoloogia	
Juhendaja(d):		Maris Hordo, Vivika Kängsepp	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Tartu, 2017	
<p>Mets on tähtis tooraine allikas. Dendrokronoloogilised meetodid aitavad analüüsida nii kliimategurite, looduslike ja inimtekkeliste häiringute mõju puude kasvule. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida lehiste radiaalkasvu kasvukohatüübit Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna lehisepuistutest kogutud puursüdamike andmeid.</p> <p>Töös kasutatakse 202 lehisepuult kogutud puurproovide andmeid, vastavalt mustika, jänesekapsa-mustika, jänesekapsa ja jänesekapsa-pohla kasvukohatüübist. Andmed koguti teadusprojekti „Lehise puistute kasvukäik ja majandamine Järveljal“ raames, kus välitööd teostati 2014. aasta sügisel.</p> <p>Proovid mõõdeti LINTAB mõõteseadega ja ristdateeriti visuaalselt TsapWin programmiga ning statistiliselt COFECHA-ga. Lehiste puursüdamike andmed standardiseeriti ja analüüsiti vabavara R'iga, vastavalt pakettide <i>dplR</i> ja <i>pointRes</i> vahenditega. Koostati erinevate kasvukohatüüpide kaupa lehistele juurdekasvuindeksite seeriad (kronoloogiad). Samuti leiti kasvukohatüübi kaupa lehiste aastarõngaid iseloomustavad statistikud, lehiste radiaalse juurdekasvu ja kasvukohatüüpide ahel, tehti regressioonanalüüs (diameetri ja vanuse vaheliste seoste analüüsimiseks regressioonimudel) ja näitaasta analüüs Cropperi meetodil (ekstreemsete kasvuaastade avastamiseks).</p> <p>Juurdekasvuindeksite varieeruvus erinevates kasvukohatüüpides on aastate lõikes küllaltki stabiilne, sarnane. Kõik lehiste aastarõngaste seeriade statistikud näitavad seeriade omavahelist head kooskõla. Kõige suurem diameeter ja aastarõngaste laiuskasv on jänesekapsa kasvukohatüübis. Koostatud lineaarne regressioonimudel näitas diameetri ja vanuse vahel statistiliselt olulist seost, determinatsioonikordajad jäid vahemikku 0,695 kuni 0,8125. Näitaasta analüüsi tulemused näitasid, et jänesekapsa kasvukohatüübis ei esinenud ekstreemseid kasvuaastaid. Samas teistel kasvualadel tõi analüüs esile mõned positiivsed ja negatiivsed kasvuaastad, kuid need erinesid kasvukohati. Saadud tulemused näitavad, et sobib kõige parem lehise kasvatamiseks jänesekapsa kasvukohatüüp.</p> <p>Töö tulemusi saab kasutada edasises uuringutes puistute produktioonivõime prognoosimisel erinevates kasvukohatüüpides või optimaalse kasvukohta valimiseks.</p>			
Märksõnad: lehis, juurdekasvuindeksid, radiaalkasv, näitaastad.			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Olga Nikolenko		Specialty: Natural resource management	
Title: The radial growth of larch trees at Järvselja training and experimental forest center stands			
Pages: 30	Figures: 10	Tables: 3	Appendixes:
Department:		Department of Forest Management	
Field of research:		Dendrochronology	
Supervisors:		Maris Hordo, Vivika Kängsepp	
Place and date:		Tartu, 2017	
<p>The forest is an important source of raw materials. Dendrochronologically methods help to analyze the impact of climatic and natural factors as well as anthropogenic disturbances on growth of the tree. The aim of this bachelor thesis is to study the radial growth of larches at different habitat types based on the data collected from drill cores of the larch stands at the Research and Experimental Forest District of Järvselja.</p> <p>This thesis uses data from core samples collected from 202 larches in such habitat types as the bilberry, wood sorrel / bilberry, wood sorrel, and wood sorrel / cowberry. Data were collected within the framework of a research project entitled “Growth History and Management of Larch Stands in Järveselja”. Fieldwork was carried out in the autumn of 2014.</p> <p>The samples were measured with the LINTAB measuring device and cross-dated visually with the program Tsap-Win and statistically with COFECHA. Data from the drill cores of larches were standardized and analyzed with freeware R, according to the package <i>dplR</i> and instruments of <i>pointRes</i>. Increment indices series (chronologies) were drawn up for larches based on different habitat types. Also the statisticians characterizing the annual rings of larches, the radial growth of the larches and chain of habitat were found by the habitat type, regression analysis (regression model for analyzing the relation between diameter and age) and analysis of pointer year by the Cropper method (to detect the extreme growth years) were made.</p> <p>The variability of increment indices in different habitat types were quite stable and similar over the years. All annual ring series statistics of the larches show good consistency between the series. The largest diameter and the width of the annual ring growth is at the wood sorrel habitat type. Drawn linear regression model showed statistically significant correlation between diameters and age, determination coefficient ranged from 0,695 to 0,8125. Pointer year results showed that there were no extreme growth years in the wood sorrel habitat type. However, other areas of the growth analysis pointed out some of the positive and negative growth years, but they vary across habitats. The results show that the most suitable for the cultivation for larch is the wood sorrel habitat type.</p> <p>The results of the thesis can be used in future studies to predict the production capacity of stands in different habitat types, or to select optimal habitat.</p>			
Keywords: larch, increment indices, radial increment, pointer years.			

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. MATERJAL JA METOODIKA	8
2. TULEMUSED JA ARUTELU.....	12
KOKKUVÕTE.....	22
SUMMARY	24
KASUTATUD KIRJANDUS	26

SISSEJUHATUS

Mets on tähtis tooraine allikas ning esteetiliselt hindamatu paik. Eestis on umbes 2,3 mln hektarit metsa, millest majandatavaid metsi on ligikaudu 70%. Kolmandik metsadest on kaetud erinevate kaitsereežiimidega. Eesti on Euroopas riikide hulgas 6. kohal metsasuse poolest (Eesti statistika 2016).

Metsal on omad püsiväärtused – mets on elukeskkonnaks paljudele loomadele, samuti pakub mets mitmeid mittepuidulisi väärusi (marjad, seemned, jahisaadused, rekreatsioon jne). Metsa soodes ja rabades on tagatud puhta joogivee varude säilimine.

Metsade tähtsus väljendub kolmes funktsioonis:

- majanduslik – mets kui tulude allikas;
- sotsiaalne – mets kui tööhõive ning puhkuse pakkuja;
- ökoloogiline – mets kui bioloogilise mitmekesisuse säilitaja.

Samuti on mets teadmiste allikaks. Kliima mõju metsadele on seni uuritud vähe. On oluline teada, kuidas kliima ning kasvukohatingimused mõjutavad nii puude radiaal- kui ka kõrguskasvu. Dendrokronoloogiat võib pidada suhteliselt nooreks ja kiiresti arenevaks teadus, mis tegeleb puude aastarõngaste uurimisega (Velbri 2009). Puu aastarõngaste paksuse ja keemilise koostise analüüsimine aitab teada saada millistel aastatel olid tingimused puu kasvuks kõige soodsamad (Velbri 2009). Kui on teada, millised tegurid soodustavad puude kasvu, siis on aastarõngaid analüüsides võimalik määrata mineviku kliimaatilised tingimused. Puude kasv ning tootlikkus sõltuvad paljudest teguritest – biootilistest, abiootilistest, antropogeensetest, geneetilistest. Dendrokronoloogia aitab analüüsida erinevate keskkonnategurite sh nii kliimategurite, looduslike- ja inimtekkeliste häiringute mõju puude kasvule.

Tänapäevase dendrokronoloogia algust arvestatakse eri maades kolmest peamisest lähtest: B. Huberit Saksamaal, F. Svedovit Venemaal ja A.E. Douglassi Ameerikas (Läänelaid 1999). Esimesi dendrokronoloogilisi uuringuid Eestis hakkas läbi viima Kalvi Aluve. 1970ndal aastal alustasid Alar Läänelaid ja Viktor Masing rabamännikute ja kliimategurite

vahelisi uuringuid (Läänelaid 2002). Erich Lõhmus publitseeris esimese dendrokronoloogilise skaala kogu Eesti männikute kohta, kasutades kogutud juurdekasvuproove 36-st metskonnast (Lõhmus 1992). Metsanduse valdkonnas on viimastel aastatel kasutatud mitmetes uurimistöodes puursüdame andmeid, näiteks Maris Hordo koostas SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse rahastamisel männikute, kuusikute ja kaasikute üldistatud kronoloogiad (Hordo 2012), et analüüsida kliima mõju puude radiaalkasvule, et modelleerida puistu kasvukäiku (Hordo 2011) sõltuvalt ilmastikuteguritest.

Dendrokronoloogilisi meetodeid kasutatakse maailmas teaduslikke ja praktiliste probleemide lahendamiseks erinevates teadusvaldkondades (Шайзадаев, Конабаева 2014). Okaspuud on suurepärased uurimisobjektid dendrokliimaatiliste uuringute jaoks, sest et nad fikseerivad oma struktuuri, keemilise koostise ja aastarõngaste suurusega ümbritseva keskkonna muutusi.

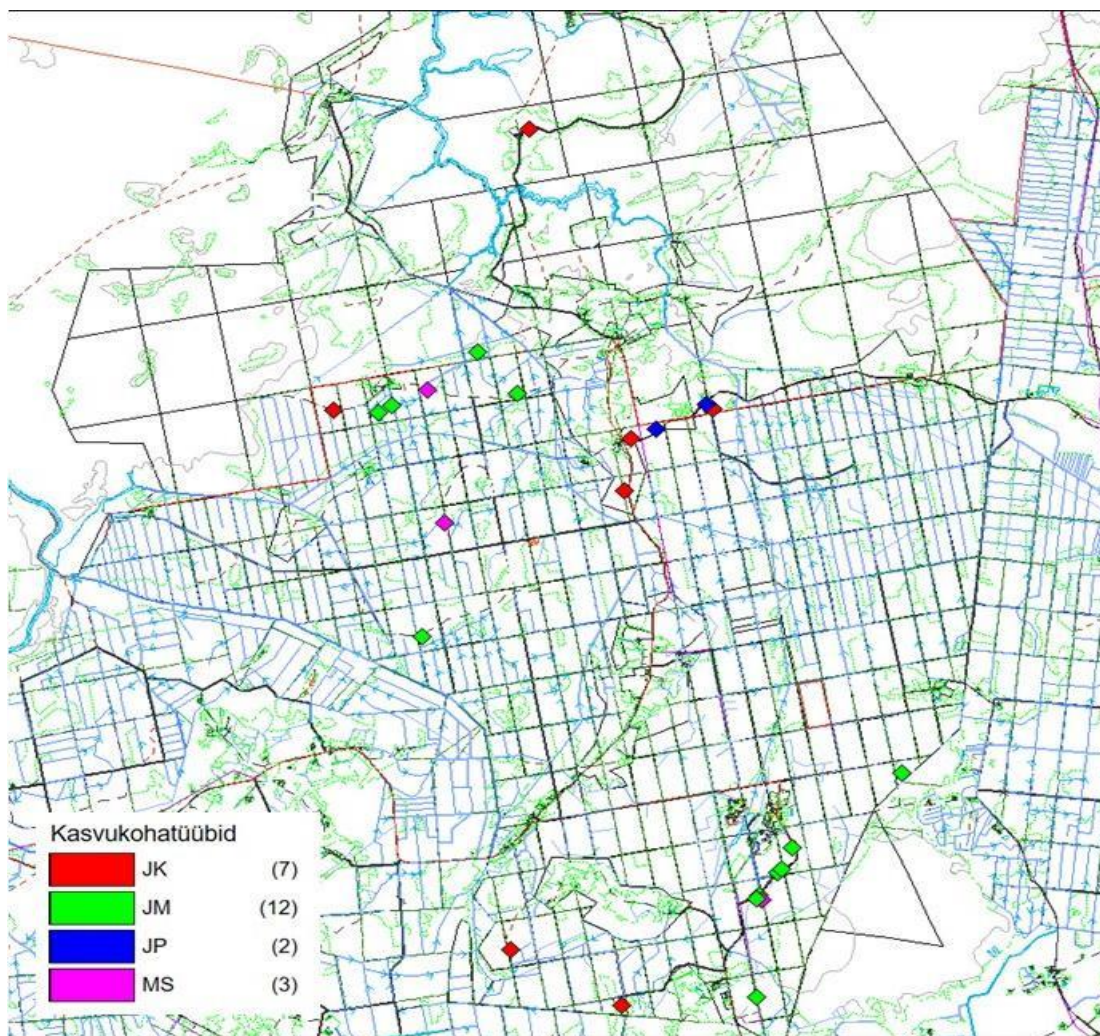
Lehise areaal on Põhja-Ameerika, Aasia ja Euroopa. Areaalis kasvavad lehised väga mitmesugustel muldadel, paiguti ka kehvad mullal (Paves 2004). Eestis on lehis introductseeritud võõrpuuliik ja vähem uuritud kui kodumaised okaspuuliigid. Lehis kultiveerimist alustati 18. sajandil, ning 19. sajandi alguses hakati lehiseid istutama metsamaal puistutena. Lehis on kiirekasvuline okaspuu, meie kliimas külmakindel ja väga valgusnõudlik. Lehised on tundlikud mulla liigse niiskuse suhtes eelistades kuivi kasvukohti. Enim kultiveeritud lehiseliikideks on euroopa, eurojaapani, jaapani, siberi, vene ja kuriili lehis (Paves 2004). Erinevad lehis liigid on kõige enamlevinuimad võõrpuuliigid Eesti metsades (Sander, Meikar 2004). Lehise puit on väärtuslik, tugev ja väga heade mehaaniliste omadustega, vastupidav ilmastikule, mädanemisele ja vesikeskkonnas. Puitu kasutatakse saematerjalina ehituskonstruksioonides, vesiehitusel, laevaehituses, sillaehituses, palkmajade ehitamiseks, põrandalaudadeks. Lehist puit on väga kõva, aga vaigune ning ei sobi painutamiseks (Saarman, Veibri 2006). Lehise puidu head omadused on põhjuseks miks lehist uurimine ja kasvatamine Eesti tingimustes on oluline. Aastarõngaste laiuste mõõtmine ja uurimine on vajalik, et teha järeldusi lehist kvaliteedi ja tootlikku kohta teha.

Käesoleva töö eesmärk on analüüsida ja võrrelda lehist kasvukäiku neljas erinevas kasvukohatüübis (mustika, jänesekapsa-mustika, jänesekapsa ja jänesekapsa-pohla)

Järvselja Õppe- ja Katsemetskonna lehisepuistutest kogutud puursüdamike andmeil ning uurida ekstreemseid kasvuaastaid näitaasta meetodil.

1. MATERJAL JA METOODIKA

Antud lõputöös kasutatud materjal on kogutud SA Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas kasvavatest lehisepuistutest. Andmed koguti teadusprojekti „Lehise puistute kasvukäik ja majandamine Järveljal“ raames. Välitöid teostasid 2014. aasta sügisel metsakorralduse osakonna töötajad Maris Hordo ja Vivika Kängsepp ning magistrant Taavi Kannimäe (Kannimäe 2015). Käesolevas lõputöös kasutatakse 202 lehisepuult kogutud puurproovide andmeid, vastavalt mustika (MS), jänese kapsa-mustika (JM), jänese kapsa (JK) ja jänese kapsa-pohla (JP) kasvukohatüübist (joonis 1, tabel 1). Antud lõputöö autor ei osalenud antud projekti raames väli- ja labortöödel, kuid analüüsis põhjalikult juhendajatelt saadud lehiste aastarõngaste seeriaid.



Joonis 1. Järvselja Öppe- ja Katsemetskonna kaart, kus erinevate värvidega on märgitud lehisepuistuste asukohad kasvukohatüüpi kaupa

Tabel 1. Puude arv kasvukohatüüpide kaupa

Kasvukohatüüp	Katsealade arv	Puude arv	Diameeter, cm
MS	3	28	26,52
JM	12	85	31,90
JK	7	69	36,41
JP	2	20	29,36

Enamik lehiseliike on väga valgusenõudlikud. Oma looduslikus areaalis kasvavad nad kuivadel lubjarikastel muldadel. Lehised on väga tundlikud mulla liigse niiskuse suhtes, eelistades kuivemaid muldi (Laas 1987). Mustika kasvukohatüübi mulla lähtekivim on liiv või moreen. Põhjavesi on toitaine vaene, seisev ja ulatub periooditi kõrgele. Jänesekapsa-mustika tüübis on muld viljakam. Jänesekapsa kasvukohatüübi muld on värske, hea

drenaažiga, põhjavesi sügaval. Jänesekapsa-pohla alltüübis on väga õhukesed leetunud leedemullad, põhjavesi on sügaval. (Lõhmus 2004)

Väli- ja labortööd teostati vastavalt varasemalt väljatöötatud metoodikale (Hordo *et al.* 2015). Puursüdamikud koguti tervetelt ning elujõulistelt puudelt, puu rinnaskõrguselt 1,3 meetri kõrguselt tüvelt Haglöf'i juurdekasvupuuriga. Igalt puult võeti kahes suunas (A ja B proov) puursüdamikud säsini, seega ristdateerimisel saadi iga puu kohta keskmine seeria. Puursüdamike mõõtmiseks kasutati mõõteseadet LINTAB, mis on ühendatud programmiga TsapWin (Rinn 2003). Mõõteseade koosneb pealtvalgustusega mikroskoobist ja alusest ning on ühenduses arvutiga, kus puude aastarõngaste laiused (vara- ja hilispuidu osa eraldi) mõõdetakse ja salvestatakse edasiseks analüüsiks. Aastarõngad mõõdeti 1/100 mm täpsusega. Proovide mõõtmist alustati koorest (viimane aastarõnga tekkimise aasta teada) ja loeti säsi suunas.

Mõõdetud lehisepuude aastarõngaste laiused seejärel ristdateeriti, see on protseduur, kus omavahel kõrvutatakse mitme puu aastarõngaste read, mille tulemusel on võimalik kindlaks määrata kasvuringide moodustamise kalendriaastad (Läänelaid 1976). Käesolevas töös tehti esmane ehk visuaalne ristdateerimine TSAPWin (Rinn 2003) programmiga ning statistiline analüüs viidi läbi COFECHA (Holmes 1983) vabavara kasutades. Seejärel kasvukohatüüpide kaupa puude aastarõngaste mõõtmisandmed standardiseeriti, koostati vastavalt neli erinevat kronoloogiat ehk juurdekasvuindeksite seeriat. Kuna bioloogiline vananemine mõjutab puu radiaaljuurdekasvu (Fritts 1976), siis lühiajaliste väliste signaalide ja puu kasvu vaheliste seoste uurimisel on puu vananemisest tingitud aastarõngaste kitsenemine segavaks faktoriks, mistõttu aastarõngaste seeriad standardiseeriti. Käesolevas töös kasutati andmete standardiseerimiseks vabavara R (R Core Team 2017) paketti *dplR* (Bunn *et al.* 2015).

Statistilise analüüsi tegemiseks kasutati vabavara R (R Core Team 2017). R'i vahenditega leiti kasvukohatüübi kaupa lehiste aastarõngaid iseloomustavad statistikud, et selgitada puu aastarõngaste seeriade sobivust analüüsiks. Puuaastarõngaste kooskõla hindamiseks leiti Gleichläufigkeit ehk märgitest (Gik), keskmise kronoloogia vastavus hüpoteetilisele ehk *expressed population signal* (EPS), keskmine tundlikkus (MS), keskmine autokorrelatsioon ja Gini ehk ebaühtluse koefitsient. Statistikud standardiseeriti, koostati kasvukohtade

kronoloogiad *dplR* pakettiga (Bunn *et al.* 2015) ja tehti ka korrelatsioonanalüüs seeriade vahel seeriade omavahelise kooskõla analüüsimiseks. Katsetulemuste esitlemiseks kasutati erinevaid graafikuid. Standardhälve näitab kui palju väärtused erinevad keskmisest väärtusest. Mida suurem on standardhälve, seda suurem on tunnuse hajuvus. Märgitesti (Gik) näitab üleüldist seeriade vahelist kooskõla (Speer 2010), mis on välja töötatud spetsiaalselt aastarõngaste ristdateerimiseks. Keskmise kronoloogia vastavus hüpoteetilisele (EPS) väljendab valimil põhineva keskmise kronoloogia vastavust prognoositavale kronoloogiale (Pruuli 2014). Keskmise tundlikkus (MS) väljendab aastarõnga laiuse suhtelist muutust aastast aastasse (User guide... 2015). Mida väiksem on tundlikkus, seda sarnasemad on aastarõngaste väärtused. Keskmise autokorrelatsioon peegeldab eelneva kasvuaasta mõju antud aasta kasvule (Fritts 1976). Kliimauuringuteks on vajalik võimalikult väike autokorrelatsioon. Gini ehk ebaühtluse koefitsient, näitab puude parameetrite mitmekesisust aastarõngaste seeriates (Biondi, Qeadan 2008).

Samuti tehti regressioonanalüüs, et uurida lehisepuude diameetri (aastarõngaste andmeil arvutatud kumulatiivne kasv) ja puu vanuse vahel vastaval kasvuaastal iga kasvukohatüübi kohta. Koostati ka lineaarne mudel diameetri ja vanuse vahelise seose kirjeldamiseks ja leiti mudeli determinatsioonikordjad.

Lisaks juurdekasvude analüüsiks leiti statistilisi näitaasta analüüs (Bunn *et al.* 2015), pakettiga *pointRes* (Maaten-Theunissen *et al.* 2016). Näitaasta analüüs (*pointer year analysis*) aitab leida erinevate aastarõngalaiuste seeriatest aastad, kus esines märkimisväärselt suurem või väiksem puu kasv võrreldes eelmise kasvuaastaga (75% aastarõngastest olid kitsamad või laiemad kui eelmisel kasvuaastal) (Cropper 1979). Anomaalse suurusega aastarõngaste leidmiseks kasutati Cropperi meetodit (Cropper 1979).

2. TULEMUSED JA ARUTELU

Käesolevas töös analüüsiti mustika, jänese kapsa-mustika, jänese kapsa ja jänese kapsa-pohla kasvukohatüübis kasvavate lehiste radiaalkasvu. Töös kasutatud puursüdamikud on kogutud SA Järvselja Õppe- ja Katsemetskonnas kasvavatest lehise puistutes. Kokku kasutati 202 lehisepuu puursüdamike andmeid. Tabelis 2 on välja toodud esmased statistikud uuritud kasvukohatüüpide kohta.

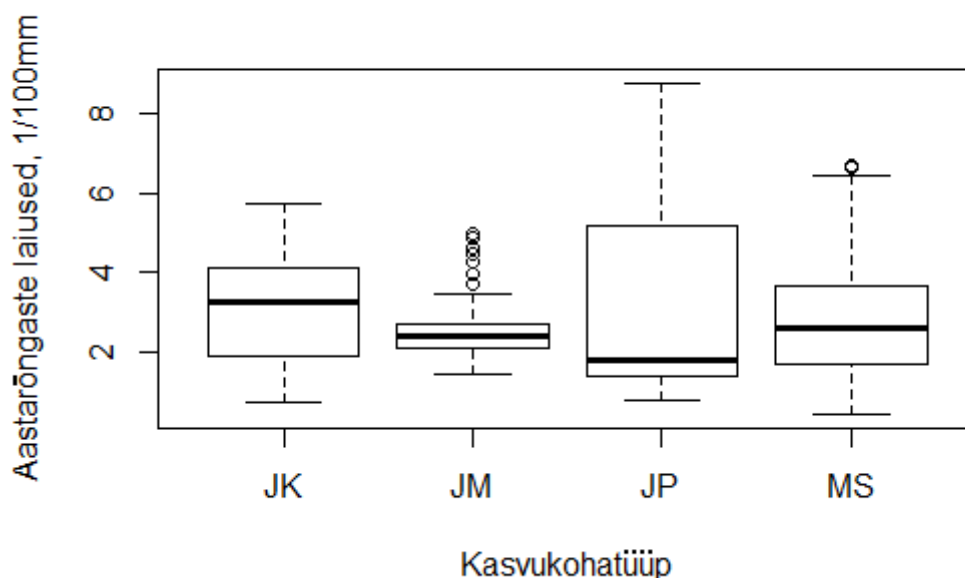
Tabel 2. Lehiste puurproovide aastarõngaste seeriade statistikud kasvukohatüübi kaupa. Lühendid: Kkt – kasvukohatüüp, MS – mustika kasvukohatüüp, JM – jänese kapsa-mustika kasvukohatüüp, JK – jänese kapsa kasvukohatüüp, JP – jänese kapsa-pohla kasvukohatüüp, Stdev - standardhälve; Glk – märgitest ehk Gleichläufigkeit; EPS – keskmise kronoloogia vastavus hüpoteetilisele; MS – keskmine tundlikkus; AC(1) – autokorrelatsioon; Gini – Gini koefitsient, vaheldusrikkus ehk mitmekesisus juurdekasvuseeriates.

Kkt	Proovide arv, tk	Seeria pikkus (min; max)	Periood	Keskmine laius, mm	St-dev, mm	Glk	EPS	MS	AC(1)	Gini
MS	57	14;79	1935-2014	3,60	1,82	0,588	0,97	0,296	0,680	0,291
JM	235	13;83	1932-2014	2,67	1,46	0,623	0,99	0,262	0,738	0,302
JK	133	28;105	1910-2014	3,18	2,36	0,631	0,98	0,290	0,813	0,384
JP	40	35;44	1971-2014	2,84	2,30	0,639	0,99	0,309	0,808	0,415

Märgitesti (Glk) näitaja varieerub vahemikus 0,588...0,639, mis näitab head kooskõla aastarõngaste seeriade vahel (Larsson 2015). Kõigi nelja grupi puhul on EPS suurem kui 0,85 (Wigley *et al.* 1984), väärtused jäävad vahemikku 0,97...0,99. EPS näitab seeriade omavahelist head kooskõla ning aastarõngaste andmed on analüüsiks sobilikud. Keskmine tundlikus jäi vahemikku 0,262...0,309, mis tähendab et seeriad on piisavalt tundlikud. Uuritavatel seeriatel on varieeruvad keskmise autokorrelatsiooni näitajad vahemikus 0,680...0,813, näidates eelneva kasvuaasta üsna suurt mõju. Gini koefitsiendid jäävad vahemikku 0,291...0,415. Statistike varieeruvus võib olla põhjendatud mitmetest teguritest, näiteks erinevatest reljeefist ja kasvukohatingimustest. Aastarõngaste laiused sõltuvad ka puistutihedusest.

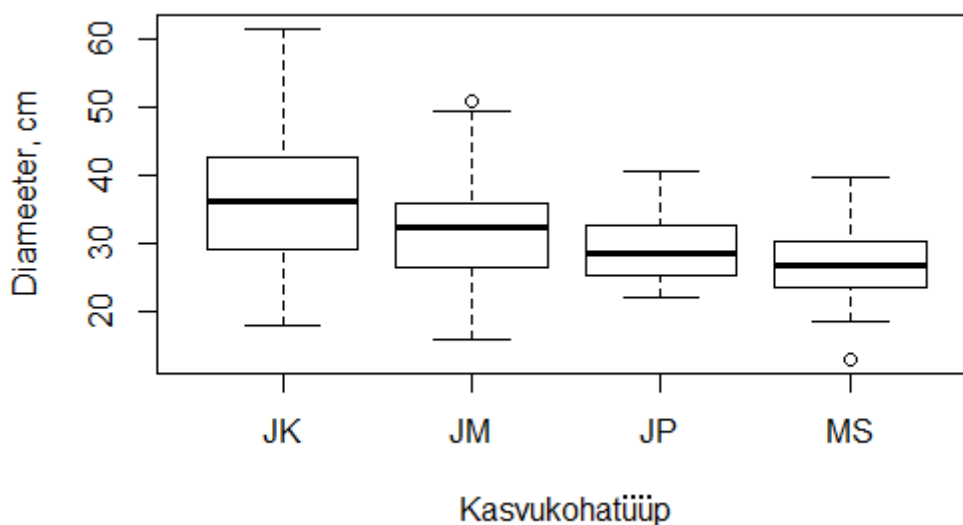
Lehiste puurproovide aastarõngaste seeriade statistikud näitavad, et jänese kapsa kasvukohatüübi lehiste keskmine diameeter on kõige suurem ning aastarõngaste seeria on kõige pikem (tabel 1). Kõige nooremad lehised kasvavad jänese kapsa-pohla kasvukohatüübis (43 aastat) ja nende aastarõnga laiused varieeruvad kõige rohkem. Keskmised aastarõngaste laiused on kõige suuremad lehistel, mis kasvavad mustika ja jänese kapsa kasvukohatüüpides (vastavalt 3,59 ja 3,17 mm).

Joonisel 2 on toodud kasvukohatüüpide järgi lehisepuude aastarõngaste laiused. Jooniselt on näha, et mediaan aastarõnga laiuskasv on suurim jänese kapsa kasvukohatüübis ning madalaim mediaan laiusekasv on jänese kapsa-pohla kasvukohatüübis. See viitab sellele, et lehistele sobib kasvuks kõige paremini jänese kapsa kasvukohatüüp. Jänese kapsa-mustika kasvukohatüübis on palju erinevusi.



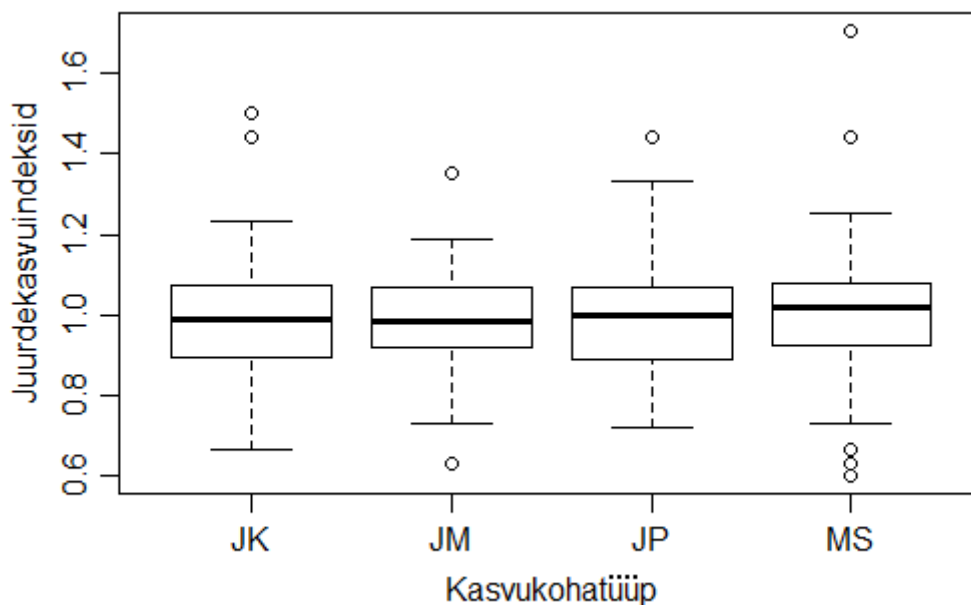
Joonis 2. Lehiste aastarõngaste laiused kasvukohatüübi kaupa. Tugevama horisontaaljoonega on näidatud mediaan, mis on juhusliku suuruse väärtus, millest nii väiksemaid kui ka suuremaid väärtusi on samapalju. „Kast“ näitab ülemist ja alumist kvartiili. „Vurrudega“ on näidatud valimi maksimaalne ja minimaalne väärtus. Kui mõned väärtused asuvad mediaanist kaugemal kui poolteist kvartiilide vahet, siis on toodud need eraldi punktidenä, et näidata nende erinevust teistest väärtustest.

Joonisel 3 on esitatud lehisepuude (proovipuude) keskmised diameetrid sõltuvalt kasvukohatüübist. Jänesekapsa-pohla ja mustika kasvukohatüüpide puhul on lehistele mediaan diameetrite varieeruvus suhteliselt sarnane. Jänesekapsa kasvukohatüübis on diameetri varieeruvus ja mediaanväärtus kõige suurem. Kõige väiksem keskmine diameeter oli mustika kasvukohatüübis ning kõige suurem jänesekapsa kasvukohatüübis kasvavatel lehistel. See viitab ka siin, et lehisel sobib kasvuks paremini jänesekapsa kasvukohatüüp.



Joonis 3. Lehistele keskmine diameeter kasvukohatüübi kaupa

Aastarõngaste naturaalkaardid sisaldavad mittekliimatilist signaali, aastarõngaste laiuse asemel kasutatakse analüüsis nendest arvutatud juurdekasvuindekseid (Hordo 2011). Joonisel 4 on toodud lehistele juurdekasvuindeksid sõltuvalt kasvukohatüübist. Jooniselt on näha, et lehistele juurdekasvuindeksite varieeruvus on jänesekapsa, jänesekapsa-mustika ja jänesekapsa-pohla kasvukohatüübis suhteliselt sarnased. Mustika kasvukohatüübis on juurdekasvuindeksite varieeruvus teistest suurem, mis näitab suuremat tundlikkust.

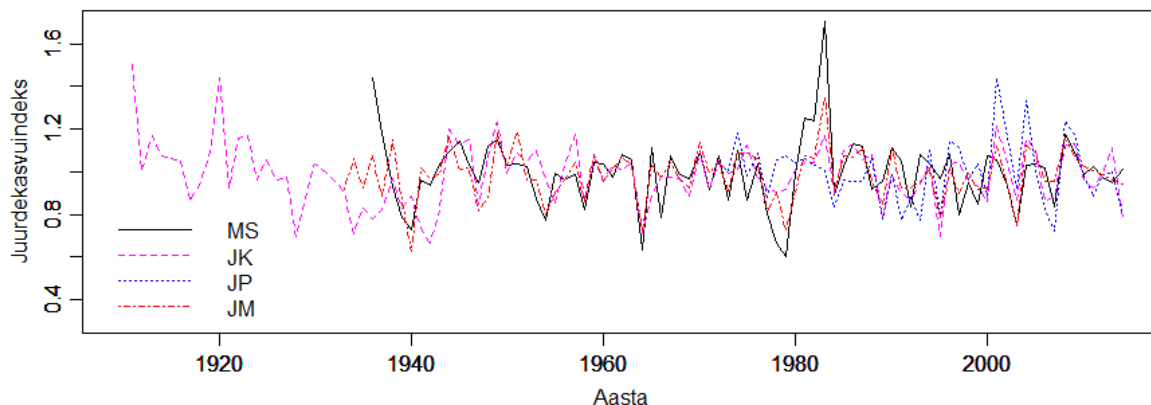


Joonis 4. Keskmised juurdekasvuindeksite kasvukohatüübi kaupa

Kirjandusest on teada, et lehised on tundlikud mulla liigse niiskuse suhtes eelistades kuivi kasvukohti. Oma areaalis kasvab lehis ka väga kehval mullal. Puude kasvu mõjutavad biootilised, abiootilised, antropogeensed, geneetilised tegurid. Lehise hilispuidu osakaal aastarõngas on suurem kui kuusel ja männil. Lehise puidu tihedus on suurem ning paremate mehaaniliste omadustega kui kodumaised okaspuud (Paves 2004). Lehise puit on väärtuslik ning vastupidav mädanemisele. Tootlikkuse tõstmiseks vajab lehis viljakad muldi, kus ei ole liigniiskust. Õige kasvukohatüübi valimisel ületavad lehised kasvukiiruselt meie kodumaised puuliike (Paves 2004). Diameetri ja aastarõngaste laiuste analüüsid näitavad, et jänese kapsa kasvukohatüüp sobib lehise kasvuks kõige paremini.

Erinevate kasvukohatüüpide kohta on leitud juurdekasvuindeksid (tabel 3, joonis 5). Juurdekasvuindeksite seeriade vaheline korrelatsioon näitab kronoloogiate vaheliste sarnaste signaalide tugevust. Joonisel 5 on toodud lehiste juurdekasvuindeksite seeriad kasvukohatüüpide kaupa, nende seeriadevahelised korrelatsioonikordajad on esitatud tabelis 3. Jääkide kronoloogiad ehk radiaalsed juurdekasvuseeriad näitavad lehiste kasvutrende uuritaval perioodil. On näha, et juurdekasvuindeksite tõusu- ja langustrendid erinevates kasvukohatüüpides on aastate lõikes küllaltki sarnased. Samuti on mõned aastad, millal kasv on olnud kasvukohatüüpides tunduvalt suurem (1980, 1982) või väiksem (1965, 1978) võrreldes teiste aastatega. Indeksud jäävad vahemikku 0,5...1,6. Kasvuseeriad esimesel

paarkümnel kasvuaastal on väga ebaühtlased, kuna nooremas eas kasvavad puud kiiremini ning aja jooksul kasv ühtlustub. Mustika kasvukohatüübi seeria on võrreldes teistega ebaühtlasem. Kõige suuremad juurdekasvuindeksite väärtused olid mustika ja jänsekapsa kasvukohatüüpides. Samas on võimalik täheldada nende seeriatega põhjal lehistel sarnast kasvutrendi vaadeldud perioodil.



Joonis 5. Juurdekasvuindeksite kronoloogiad kasvukohatüüpide kaupa, aastatel 1910-2014.

Tabelis 3 on toodud kasvukohatüüpide vahelised juurdekasvuindeksite seeriatega vahelised korrelatsioonikordajad. Kasvukohatüüpide kronoloogiate vahelised seosed jäid vahemikku 0,139 kuni 0,720. Jänsekapsa-pohla korrelatsioon mustika kasvukohatüübi kronoloogiaga on statistiliselt mitte oluline. Teiste kasvukohatüüpide juurdekasvuindeksite vaheliste seeriatega korrelatsioonikordajad olid küll kohati madalad, kui statistiliselt olulised. Juurdekasvuindeksite kronoloogiad näitavad, et olid mõned aastad, millal kasv on olnud kasvukohatüüpides tunduvalt suurem (1980, 1982) või väiksem (1965, 1978) võrreldes teiste aastatega.

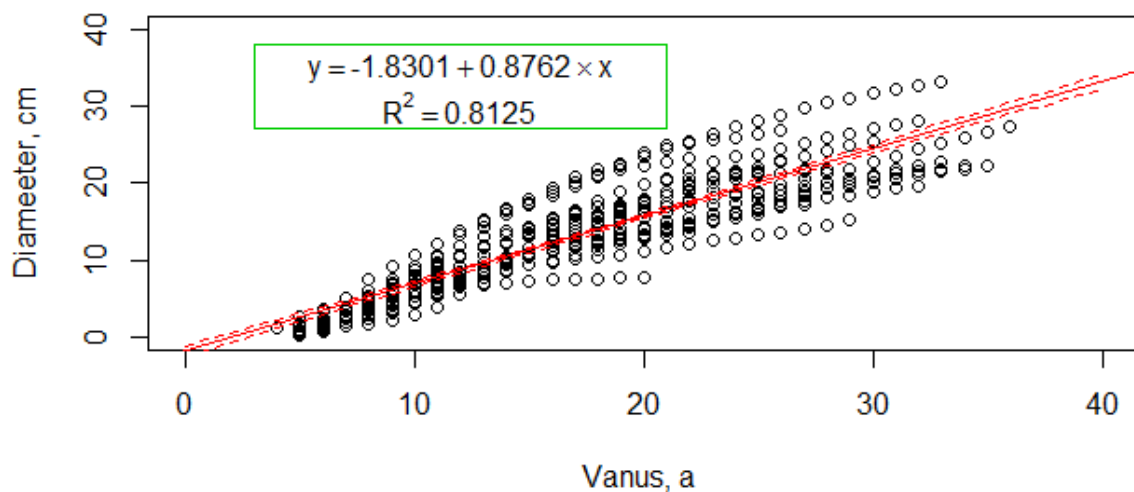
Tabel 3. Kasvukohatüüpide juurdekasvuindeksite (kronoloogiate) omavaheline korrelatsioon ja olulise tõenäosused (p-value, * statistiliselt oluline) sulgudes.

	MS	JK	JP
JK	0,344 (0,002*)		
JP	0,139 (0,375)	0,720 (5,188e-08*)	
JM	0,717 (1,031e-13*)	0,591 (5,19e-09*)	0,427 (0,004*)

Kahe tunnuse vahelise sõltuvuse visuaalse ülevaate saamiseks kasutati regressioonanalüüsi ja koostati ka lineaarne regressiooni mudel esmase sõltuvuse kirjeldamiseks. Uuriti puu

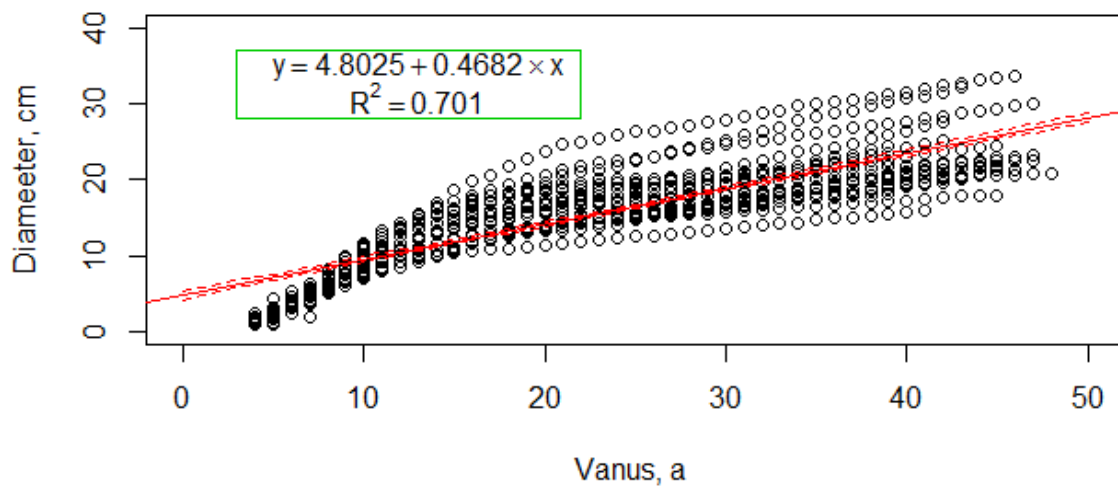
diameetri ja vanuse vahelist kasvu kasvukohatüübiti. Joonistel 6, 7, 8 ja 9 on esitatud lehist kumulatiivne diameetri kasv (leitud puude aastarõngaste andmeil) ja vanuse vaheline seos. Joonistele on lisatud regressioonijoon (punane joon), 95% usalduspiiridega (punane kriipsjoon), regressiooni sirge valem ning determinatsioonikordaja (R^2). Regressiooni sirge valemit saab kasutada funktsioontunnuste väärtuste prognoosimiseks argumenttunnuse suvalise väärtuse korral (Sims, Kiviste 2011). Determinatsioonikordaja R^2 väljendab, kui suur osa funktsioontunnuse varieeruvusest kirjeldatakse regressioonivõrrandiga. Joonistel 6 kuni 9 toodud determinatsioonikordajate väärtused on vahemikus 0,659...0,813.

Joonisel 6 on toodud mustika kasvukohatüübi lehist diameetri ja vanuse vaheline seos. Kõige suurem determinatsioonikordaja on selle kasvukohatüübi mudelis, mille mudel kirjeldab ära 81% diameetri hajuvusest. Diameetri ja vanuse vahel on tugev positiivne korrelatsioon.



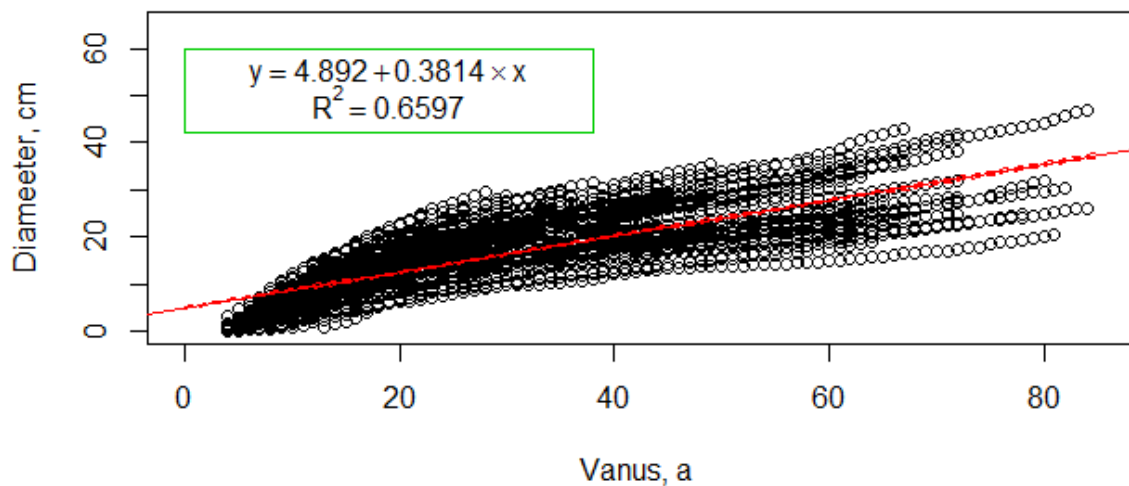
Joonis 6. Mustika kasvukohatüübi lehist diameetri ja vanuse vaheline hajuvusdiagramm

Joonisel 7 on toodud jänesekapsa-pohla kasvukohatüübi lehist diameetri ja vanuse vaheline hajuvusdiagramm. Lineaarne regressioonimudel kirjeldab mõõdetud suurusi väga hästi, kusjuures 70,1% sõltuva muutuja kogumuudust on kirjeldatud regressioonivõrrandiga. Samuti on siin diameetri ja vanuse vahel tugev positiivne korrelatsioon.



Joonis 7. Jänesekapsa-pohla kasvukohatüübi lehiste diameetri ja vanuse vaheline hajuvusdiagramm

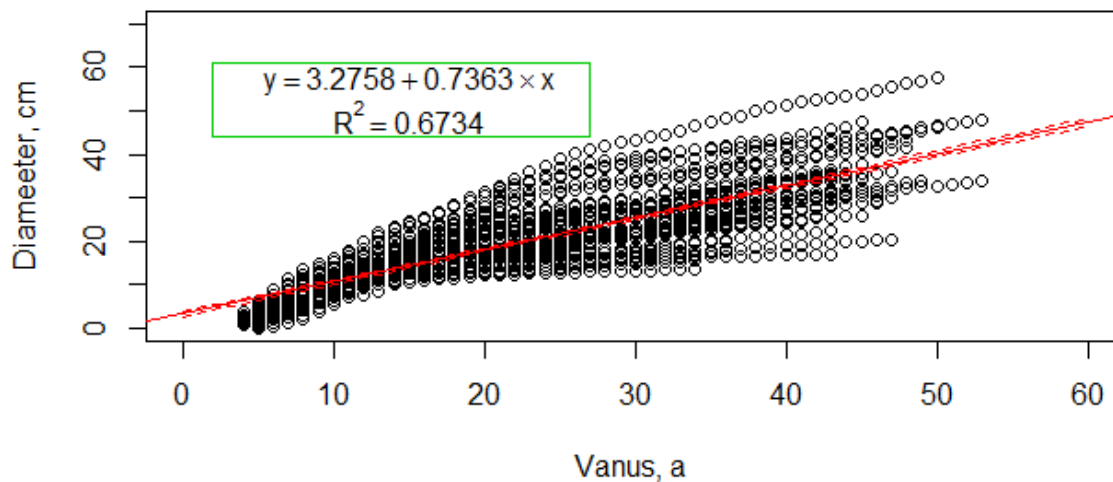
Joonisel 8 on esitatud lehiste diameetri ja vanuse vaheline seos jänesekapsa-mustika kasvukohatüübis. Kõige väiksem determinatsioonikordaja on jänesekapsa-mustika kasvukohatüübi mudelis. Selle mudel kirjeldab ära 65,9% diameetri hajuvusest. Ka diameetri ja vanuse vahel on hea positiivne korrelatsioon.



Joonis 8. Jänesekapsa-mustika kasvukohatüübi lehiste diameetri ja vanuse vaheline hajuvusdiagramm

Joonisel 9 on toodud jänesekapsa kasvukohatüübi lehiste diameetri ja vanuse vaheline hajuvusdiagramm. Lineaarne regressioonimudel kirjeldab mõõdetud suursi hästi, 67,3%

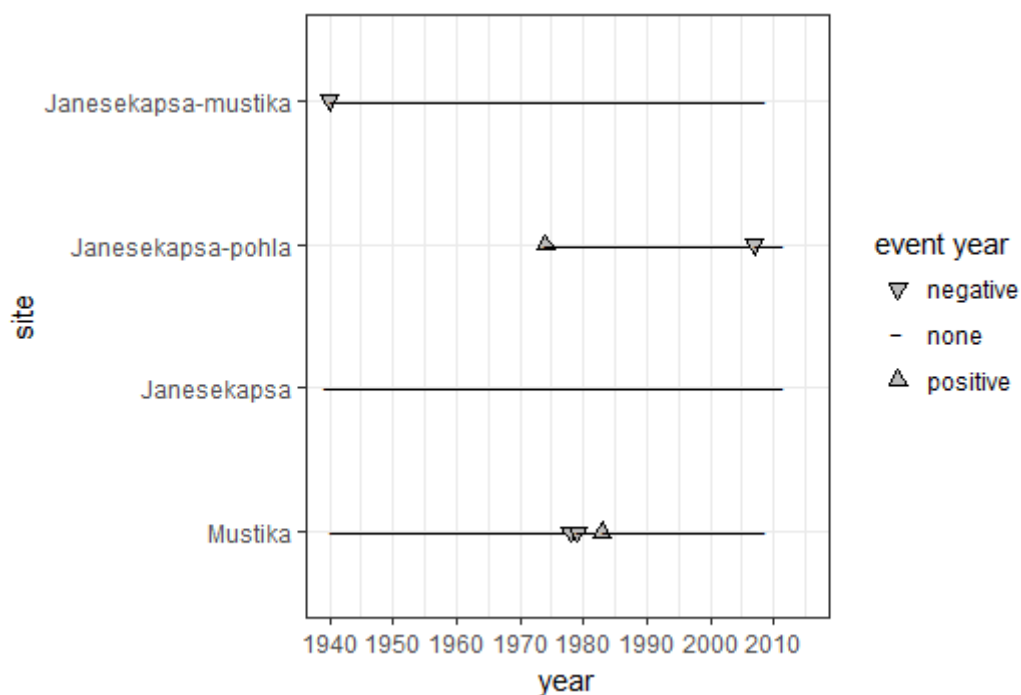
sõltuva muutuja kogumuudust on kirjeldatud regressioonivõrrandiga. Diameetri ja vanuse vahel on samuti hea positiivne korrelatsioon.



Joonis 9. Jänesekapsa kasvukohatüübi lehiste diameetri ja vanuse vaheline hajuvusdiagramm

Joonistel 6 kuni 9 on näha, et diameetri kasv kasvukohatüübiti varieerub suhteliselt palju, jämedamad puud ligi 60 cm diameetriga jänesekapsa ja jänesekapsa-mustika kasvukohatüübis. Kuna mullatingimused on kasvukohatüüpides erinevad, siis lehiste kasv võib seetõttu erineda, lisaks toitainetel on määravaks kindlasti ka mulla niiskus ja keskkonnatingimused puistus. Joonistel on näha, et puude diameetrikasv on algusaastatel olnud kiirem (kuni 25 aastani), hiljem on kasv ühtlustunud.

Näitaasta analüüsis (*pointer year analysis*) selgitatakse puude aastarõngaste mõõtmisseeriastest positiivsed ja negatiivsed kasvuaastad (Cropper 1979). Joonisel 10 on toodud näitaasta analüüsi käigus leitud positiivsed ja negatiivsed kasvuaastad kasvukohatüüpide lõikes Cropperi meetodiga, kus on puude radiaalne juurdekasv olnud märgatavalt suurem või väiksem võrreldes eelmise kasvuaastaga. Eelnimetatud signaale võivad tekitada erinevad stressisündmused nagu põuased suved, üleujutused, putukakahjustused, ebatavalised külmad kevadel, tulekahjud jms (Worbes 2004). Cropperi meetodi alusel on jänesekapsa-mustika kasvukohatüübi negatiivne näitaasta 1940. aastal. Jänesekapsa-pohla kasvukohatüübi positiivne näitaasta on 1974. aastal ning 2007. aasta on negatiivne. Mustika kasvukohatüübi positiivne näitaasta on 1983. aastal, negatiivsed aastad on 1978 ja 1979.



Joonis 10. Positiivsed ja negatiivsed ekstreemsed kasvuaastad Cropperi meetodiga (negative – negatiivne näitaasta, positive – positiivne näitaasta).

Seega Cropperi meetodi alusel olid negatiivsed näitaastad 1940. aastal (jānesekapsa-mustika kasvukohatüüp), 2007. aastal (jānesekapsa-pohla kasvukohatüüp), 1978-1979. aastatel (mustika kasvukohatüüp) ning positiivsed aastad 1974. aastal (jānesekapsa-pohla) ja 1983. aastal (mustika kasvukohatüüp). Nii positiivseid kui negatiivseid näitaastaid võivad tekitada mitmed erinevad kliimaatilised tegurid, nagu temperatuur või sademete hulk. Teada on, et lehis kasvu mõjutavad nii õhutemperatuur, sademed (sealhulgas ka lumikate tūsedus), mullatemperatuur ja -niiskus, puistutihedus, reljeef ja hāiringud (Николаев 2008). Puude radiaalne juurdekasv on oluline parameeter, mis mõjutab oluliselt puidu formeerumist ja tootlikkust. Tootlikkuse tõstmiseks kasutatakse kiirekasvulisemaid puuliike nagu lehis ning üritatakse leida puuliikidele sobivaid kasvukohti.

Leedus on uuritud kliima mõju lehis juurdekasvule (Vitas 2015), kus uurimuse tulemused näitasid, et puu aastarōngaste laius oli peamiselt seotud eelneva suve temperatuuridega ning et sademed mõjutavad käesolevat kasvuperioodi. Tchermaki on oma uuringus toonud välja lehis radiaalse juurdekasvu sõltuvuse kasvukoha kliimaatilistest tingimustest (Крык *et al.* 2006). Paves (2004) on arvamisel, lehis pole kliima suhtes nõudlik. Nikoleavi (2008) on

arvamusel et, mida kõrgem on mullatemperatuur talvel, seda kiirem on selle soojenemine kevadel ning seda suurem on lehiste kasv vegetatsiooniperioodi algusel. Vegetatsiooniperioodi algusel kasutab lehis eelmise aasta mullaniiskuse varusid (Николаев 2008). Alar Läänelaid ja Heldur Sander (2007) on uurinud lehiste ning nende hübriidide kasvu ning on leidnud et, soe sügis pikendab puude kasvuperioodi. Kliima ja lehis radiaalkasvu vahelisi seoseid on viimastel aastatel analüüsitud mitmetes lõputöödes (Kajaste 2013; Dubolazov 2014; Kannimäe 2015).

Saadud tulemused näitavad, et analüüsitavates kasvukohatüüpides sobib kõige parem lehis kasvatamiseks jänese kapsa kasvukohatüüp. Lehiste aastarõngastes sisalduv informatsioon aitab saada ülevaadet keskkonnatingimuste muutuste kohta erinevas kasvukeskkonnas. Käesoleva töö tulemusi kasutades on võimalik lehiste majandamist planeerida paremini, kui on teada lehiste kasvu reageering erinevate kasvukohatüüpidele.

KOKKUVÕTE

Kasvukohatüüp on faktor, mis mõjutab puude kasvule. Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks oli analüüsida ja võrrelda lehiste kasvukäiku neljas erinevas kasvukohatüübis (mustika, jänesekapsa-mustika, jänesekapsa ja jänesekapsa-pohla) Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna lehisepuistutest kogutud puursüdamike andmeil ning leida ekstreemseid kasvuaastaid näitaasta meetodil.

Töös kasutatud andmed koguti teadusprojekti „Lehise puistute kasvukäik ja majandamine Järveljal“ raames. Välitööd teostati 2014. aasta sügisel. Lõputöös kasutati 202 lehisepuult kogutud puurproovide andmeid mustika, jänesekapsa-mustika, jänesekapsa ja jänesekapsa-pohla kasvukohatüübist.

Töös tehti esmane ristdateerimine TSAPWin programmiga ning statistiline analüüs viidi läbi COFECHA vabavara kasutades. Seejärel aastarõngaste mõõtmisandmed standardiseeriti, leiti kronoloogiat ning juurdekasvuindeksite seeriat. Aastarõngaste seeriad standardiseeriti. Statistilise analüüsi tegemiseks kasutati vabavara R.

Töötulemusena leiti kasvukohatüübi kaupa lehiste aastarõngaid iseloomustavad statistikud. Kõik seeriade statistikud näitavad seeriade omavahelist head kooskõla. Analüüsi tulemusel leiti karpdiagrammi aastarõngaste laiuste, diameetrite ja juurdekasvuindeksite kasvukohatüübi kaupa ning esitati üheaegselt erinevat karakteristikut. Aastarõngaste laiused ning puude diameeter olid suuremad lehistel, mis kasvavad jänesekapsa kasvukohatüüpides. Lehiste juurdekasvuindeksite varieeruvus on jänesekapsa, jänesekapsa-mustika ja jänesekapsa-pohla kasvukohatüübis suhteliselt sarnased. See tähendab, et puudub juurdekasvuindeksite ja kasvukohatüübi vahel seos.

Töös koostati juurdekasvuindeksite kronoloogiad lehistele erinevates kasvukohatüüpides perioodil 1910–2014. Jänesekapsa-pohla ja mustika kasvukohatüübi juurdekasvuindeksite vaheline korrelatsioon on statistiliselt mitte oluline. Kõik teised kronoloogiad on statistiliselt olulised.

Regressioonianalüüsiga uuriti puu diameetri ja vanuse vahelist sõltuvust. Diameetri ja vanuse vahel on olemas tugev positiivne korrelatsioon. Jänesekapsa kasvukohatüüpides lehist juurdekasv oli väga hea. Puude juurdekasv on algusaastatel olnud suurem (kuni 25 aastat vana), kui hilisemal perioodil.

Näitaastate analüüsiga leiti ekstreemsed kasvuaastad, perioodil 1910–2014. Uuritud ajaperioodil oli neli negatiivset (1940, 1978, 1979 ja 2007) ja kaks positiivset näitaastat (1974 ja 1983).

Kliima mõju ja puistu kasvu analüüsimine on oluline uurimisvaldkond ökoloogiliste protsesside uurimisega tegelevatele teadlastele (Kuuseoks 2000). Lehist aastarõngaste sisalduv informatsioon on leidnud mitmekülgset kasutamist dendrokronoloogias, metsaökoloogias, metsakasvatases, klimatoloogias jne (Lõhmus 1992). Dendroklimatoloogilised uuringud aitavad analüüsida kasvukohatingimuste mõju puu kasvule.

Antud uurimustöö on oluline, sest töö tulemusi on võimalik kasutada puistu tootlikkuse prognoosimisel kliimatingimusi arvesse võttes ning lehist kultiveerimisel optimaalse kasvukohta valimiseks. Kuna Eestis on aastarõngaste uurimusi tehtud vähe, siis annab antud töö ka edasi arendada, kuna kasutatud ei ole näiteks hilis- ja varapuidu osa, kliimaandmed, valgustingimised jne.

SUMMARY

The habitat type is a factor, which effect on tree growth. This bachelor's thesis aimed to analyse and compare the growth of larches in four different habitat types (the bilberry, wood sorrel / bilberry, wood sorrel, and wood sorrel / cowberry) on the basis of data from core samples collected from larch stands at Järvelja Training and Experimental Forest District, and to examine extreme growth years based on the pointer-year method.

The data presented in the thesis were collected within the framework of the research project entitled "Growth History and Management of Larch Stands in Järvelja". Fieldwork was carried out in the autumn of 2014. The thesis used data from core samples collected from 202 larches in such habitat types as the bilberry, wood sorrel / bilberry, wood sorrel, and wood sorrel / cowberry.

In the thesis, a primary cross-dating was conducted with the program Tsap-Win and a statistical analysis was performed using the freeware COFECHA. Then, the measurement data of annual years were standardised, and chronology and series of increment indices were revealed. The series of annual rings were standardised. The statistical analysis was performed using the freeware R.

All annual ring series statistics of the larches show good consistency between the series. The thesis revealed statistics that characterise the annual rings of larches based on habitat types. All statistics pertaining to the series of annual rings of larches show good consistency between the series. The analysis resulted in a box plot of annual ring widths, diameters, and increment indices by habitat type, and presented different characteristics simultaneously. Annual ring widths and diameter were larger in larches that grow in wood sorrel habitat types.

The thesis resulted in the collation of chronologies of increment indices of larches in different habitat types during the period of 1910–2014. The wood sorrel / cowberry

correlation with the chronology of the bilberry habitat type is statistically insignificant. All other chronologies are statistically significant.

The relation between the diameter and age of a tree was done using regression analysis. There is a strong positive correlation between diameter and age. The increment of larches in wood sorrel habitat types was very good. Tree increment has seen higher growth in the early years (up to 25 years old). Later, increment has grown relatively slower.

The pointer-year analysis determined extreme growth years during the period of 1910–2014. The studied period contained four negative (1940, 1978, 1979, and 2007) and two positive (1974 and 1983) pointer years.

Analyses of the effects of climate and stand growth are important topics for many researchers who are engaged in the investigation of ecological processes (Kuuseoks 2000). Information contained in the annual rings of larches has seen broad use in dendrochronology, forest ecology, silviculture, climatology, etc. (Lõhmus 1992). Dendrochronological studies help to analyse the effects of habitat conditions on tree growth.

This thesis is important because its results can be used for predicting the productivity of the stand while taking into account climatic conditions and for selecting an optimal habitat for cultivating larches. Since, in Estonia, there has been little research on annual rings, this study can be developed further, for it does not contain a distinction between early and late wood, climate data, etc.

KASUTATUD KIRJANDUS

Biondi, F., Qeadan, F. (2008). A theory-driven approach to tree-ring standardization: defining the biological trends from expected basal area increment. *Tree-Ring Research*, 64(2), pp. 81-96.

Bunn, A., et al. (2015). Package 'dplR'. Dendrochronology Program Library in R. <http://cran.r-project.org/web/packages/dplR/dplR.pdf> (29.04.2017)

Cropper, J.P. (1979). Tree-ring skeleton plotting by computer. *Tree-ring Bulletin* 39: 4759.

Dubolazov, E. (2014). Lehiste kasvu analüüs Sirgala tasandatud põlevkivikarjääri puistangul. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.

Eesti statistika aastaraamat. (2016). Tallinn, lk 293

Fritts, H. C. (1976). *Tree Rings and Climate*. Academic Press. London, p. 545

Holmes, R. L. (1983). A computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. – *Tree-Ring Bulletin*. Vol. 43, pp. 69-78.

Hordo, M. (2011). Dendroklimatoloogiliste meetodite kasutamine puistu kasvukäigu modelleerimisel. (Doktoritöö) Eesti Maaülikool, Tartu.

Hordo, M. (2012). Puistus toimunud häiringute tuvastamine dendrokronoloogiliste meetoditega (KIK metsanduse programmi 2011.a. projekt nr. 469). https://www.kik.ee/sites/default/files/Uuringud/laruanne2012_dendromhd.pdf (24.04.2017)

Hordo, M., Kängsepp, V., Kannimäe, T., Kask, P. (2015). Annual growth trends and response to weather of larch trees at Järvelja Training and Experimental Forest Center stands (Estonia). *Forestry Studies* 63, 111–129.

Kajaste, T. (2013). Siberi lehise (*Larix sibirica* Ledeb.) kasvukäik Aidu karjääris ja kliima analüüs. (Magistritöö) Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.

Kannimäe, T. (2015). Kliima mõju analüüs Järvelja lehisepuistutes. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja sotsiaalinstituut. Tartu

Kuuseoks, E. (2000). Ilmastiku tingimuste ja alusmetsa vanuseline koostise modelleerimine Suur järvestu puistus. Dissertationes Scientiarum Naturalium Universitatis Agriculturae Estoniae, VII. Tartu, 112 lk.

Laas, E. (1987). Dendroloogia, Tallinn, lk 672.

Larsson, L.-A. (2015). On using Gleichläufigkeit for crossdating. <http://www.cybis.se/forfun/dendro/gleichlauf/> (10.05.2017).

Läanelaid, A. (1976). Juhend dendrokronoloogilisteks uuringuteks. ENSV Teaduste Akadeemia, Eesti Loodusuurijate Selts. Tartu, lk 29.

Läanelaid, A. (1999). Loenguteemade konspekt. Dendrokronoloogia. <http://www.botany.ut.ee/lectures/dendro.html> (08.05.2017)

Läanelaid, A. (2002). Tree-ring dating in Estonia: Doctoral dissertation. University of Helsinki, Faculty of Science, Department of Geology. 30 pp.

Lõhmus, E. (2004). Eesti metsakasvukohatüübid. Tartu, 80 lk.

Lõhmus, E. (1992). Eesti männikute dendrokronoloogiline üldskaala. – Metsanduslikud uurimused, 24, 103-120.

Maaten-Theunissen, M., Maaten, E., and Bouriaud, O. (2016). Analyzing Pointer Years and Components of Resilience. <https://cran.r-project.org/web/packages/pointRes/pointRes.pdf>

Paves, H. (2004). Lehis: metsa ja pargipuu. Tartu: OÜ Vali Press. 160 lk.

Pruuli, M. (2014). Hariliku männi kasv ja häiringute mõju analüüs käsmu poolsaarel. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.

R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. (24.04.2017)

Rinn, F. (2003). TSAP-Win. Time Series Analysis and Presentation for Dendrochronology and Related Applications. User Reference, Heidelberg, lk 91.

Saarman, E., Veibri, U. (2006). Puiduteadus. Tartu: Eesti Metsaselts. 560 lk.

Sander, H., Meikar, T. (2004). Eksootilise okaspuud eesti metsakultuurides. Metsanduslikud uurimused. /M. Kurm. Väljaanne nr 40. Tartu. Kirjastus: Eesti loodusfoto, lk 41-64.

Sander, H., Läänelaid, A. (2007). The Dunkeld larch (*Larix×marschlinii* Coaz) in Estonia. Dendrobiology. Vol 57, 73-80.

Sims, A., Kiviste, A. (2011). Statistiline analüüs R keskkonnas metsanduslike näidetega https://moodle.hitsa.ee/pluginfile.php/492918/mod_resource/content/2/R_konspekt_2011.pdf (11.05.2017)

Speer, J. H. (2010). Fundamentals of tree-ring research. Arizona: The University Of Arizona Press, 333 pp.

User Guide to COFECHA output files. (2015). National Climatic Data Center. <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/treering/cofecha/userguide.html> (07.05.2017)

Velbri, K. (2009). Temperatuuri mõõtmine ja arvutamine <http://www.bioneer.ee/eluviis/loodus/aid-3644/Temperatuuri-m%C3%B5%C3%B5tmine-ja-arvutamine> (05.05.2017)

Vitas, A. (2015). A Dendroclimatological Analysis of European Larch (*Larix Decidua* Mill) from Lithuania. Baltic forestry 20(2): 65-72

Wigley, T. M. L., Briffa, K. R., Jones, P. D. (1984). On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, pp. 201-213.

Worbes, M. (2004). Tree-ring Analysis. Göttingen: University of Göttingen, 13 p.

Крук, Н., Пальченко, А., Шараг, Е., Янушко, А. (2006). Лиственница в Беларуси. Минск

Николаев А. Н. (2008). Дендрохронологические исследования роста лиственницы <http://library.ikz.ru/nikolaev-a.-n.-dendrochronologicheskie> (19.04.2017)

Николаев А.Н. (2008). Дендрохронологический анализ природных процессов в криолитозоне (на примере Центральной Якутии). <http://earthpapers.net/dendrochronologicheskiy-analiz-prirodnih-protsessov-v-kriolitotozone>

Шайзадаев Н, Кобабаева А. (2014). Материалы Международной научно-теоретической Конференции «Основы дендрохронологии». http://kazatu.kz/assets/i/science/sf10_ekolog_133.pdf (11.04.2017)

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Olga Nikolenko,

sünniaeg 11.04.1980,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

Lehiste radiaalkasvu analüüs Järvelja Õppe – ja Katsemetskonna puistutes,

2. mille juhendajad on Maris Hordo ja Vivika Kängsepp,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(allkiri)

Tartu,.. _____

(kuupäev)

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)